

## SBIS: Bestimmung eines Wellengeschwindigkeitsprofils

Standort: Binningen Sternwarte, Basel Landschaft

Seismische Station: SBIS

Methode: Arraymessungen, Inversion kombiniert mit H/V

Datum: November 2004

Messung durch: Hans-Balder Havenith

Auswertung durch: Donat Fäh, Hans-Balder Havenith

Geologische Daten: Erich Fäh (Bohrkataster BS /BL)

Dokumente:

Files und Daten: /mercalli/project/interreg3/Array\_measurement/SBIS

Mächtigkeit (m)	V <sub>p</sub> (m/s)	V <sub>s</sub> (m/s)	Kommentar / Geologie
Ca.10	< 1350	250-350	Deckschicht unregelmässig kompakte Hochterrassenschotter, z.T. verkittet und mit Nagelfluhbildung
30-35	1500-2500	400-500	Melettaschichten verwittert durch Wassereinfluss
30	1500-2500	Gradient	Melettaschichten (Härteklasse 1)
?	1900-2500	800-900	Melettaschichten (Härteklasse 1)
			Geophysikalischer Fels, Sannoisien. Die lithologische Schicht innerhalb des Sannoisien ist entweder ein Kalkkonglomerat oder ein harter Kalkstein. Beide besitzen die Härteklasse 4.

Tabelle: Vorgeschlagenes vereinfachtes Geschwindigkeitsmodell am Standort SBIS. Die Mächtigkeit der Lockersedimente (Niederterassenschotter und Melettaschichten) konnte nicht bestimmt werden. Aufgrund der gemessenen Geschwindigkeiten entspricht der Standort einer Bodenklasse C oder E nach SIA261.

### Geologie

Dieser Standort befindet sich im Hang zum St. Margreten Hügel. Dieser ist Teil des Bruderholz, welches wiederum zum Basler Rücken gehört. Der Basler Rücken wird im Westen durch die Allschwiler Bruchzone und im Süden durch die Landskron-Flexur begrenzt. Im Osten geht es in die Mulde von St. Jakob über (Gürler et al., 1987).

Die oberste Schicht besteht aus Lösslehm, vermischt mit Quarzit- und Sandsteingeröllen. Da sich der Standort im Hang befindet, kann auch Schwemmlöss erwartet werden. Darunter befinden sich die Hochterrassenschotter des Rheins mit vorwiegend alpinen Geröllen. Diese Schotter stammen aus der Riss Glazialen und sind aufgrund ihres höheren Alters fester kompaktiert als die Niederterrassenschotter. Die Hochterrassenschotter sind kleingeröllig und gut gerundet, enthalten mehrheitlich quarzitisches Komponenten und können lokal zu Nagelfluhbänken verkittet sein

(Bitterli-Brunner et al. 1988). Da keine geeignete Bohrung zur geologischen Dokumentation dieser Lokalität vorhanden ist, wird eine Mächtigkeit der Lösslehmschicht mit den Hochterrassenschottern von 12m angenommen. Der Grundwasserspiegel befindet sich nicht in den Hochterrassenschottern. Das Grundwasser befindet sich tiefer in den darunterliegenden Meletta Schichten. Es sind dies graublau, glimmerführende Tone, welche mergelige Sandlagen besitzen. Die Härteklassierung der Meletta Schichten beträgt 1. Diese Klassierung, welche im Interreg Projekt eingeführt wurde, kann Werte zwischen 1 (weiches Gestein, wie z.B. Ton) und 5 (sehr hartes Gestein wie z.B. Granit) annehmen. Das Schichtverzeichnis ist im Appendix A gegeben. Der Grundwasserspiegel liegt bei ca. 275 m ü.M., in 25m Tiefe. Referenz: Bohrkataster BS /BL

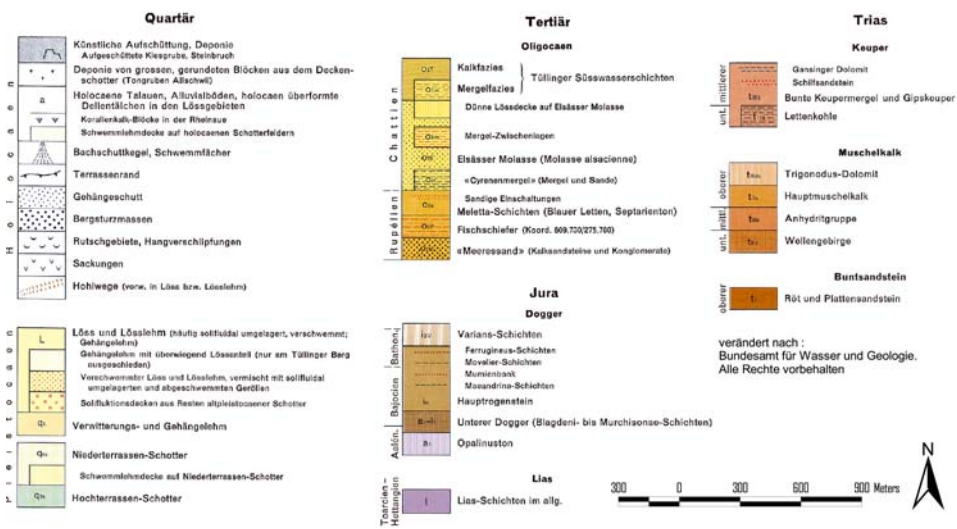


Abbildung 1. Oberflächengeologie beim Standort SBIS.

## Messungen der Eigenfrequenz der Lockersediment-Ablagerungen

Abbildung 2 zeigt die Lage des Arrays bei der seismischen Station SBIS. Ein H/V Spektrum an der zentralen Station des Arrays ist in Abbildung 3 gezeigt, und ist verglichen mit dem H/V Spektrum gemessen bei der Starkbebenstation SBIS.

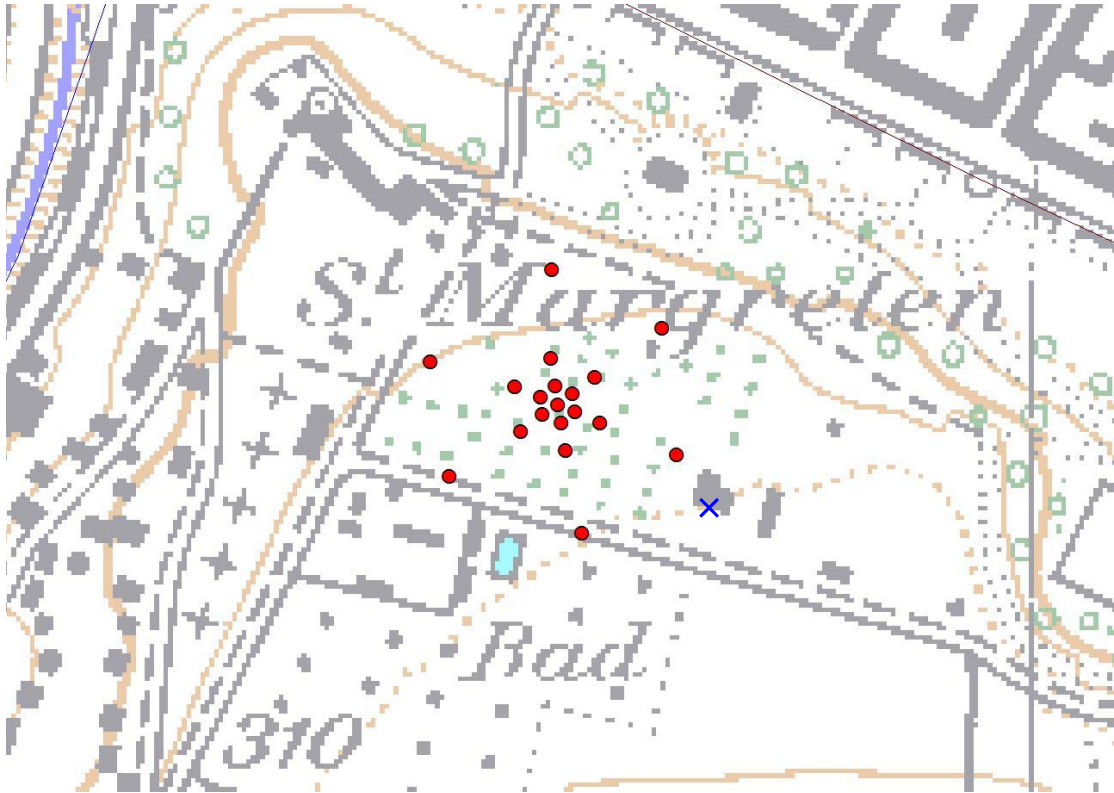


Abbildung 2. Angewandte Arraygeometrie bei der Station SBIS (rote Punkte). Die Lage der Starkbebenstation SBIS ist als blaues Kreuz eingezeichnet. Radius des äusseren Rings : 90 m.

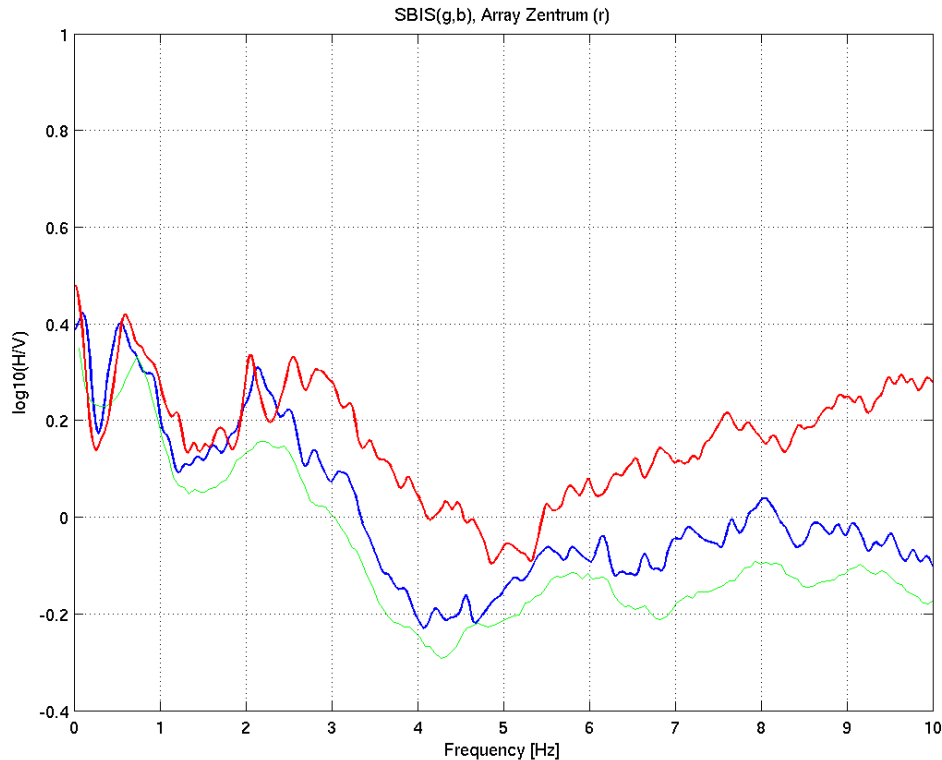
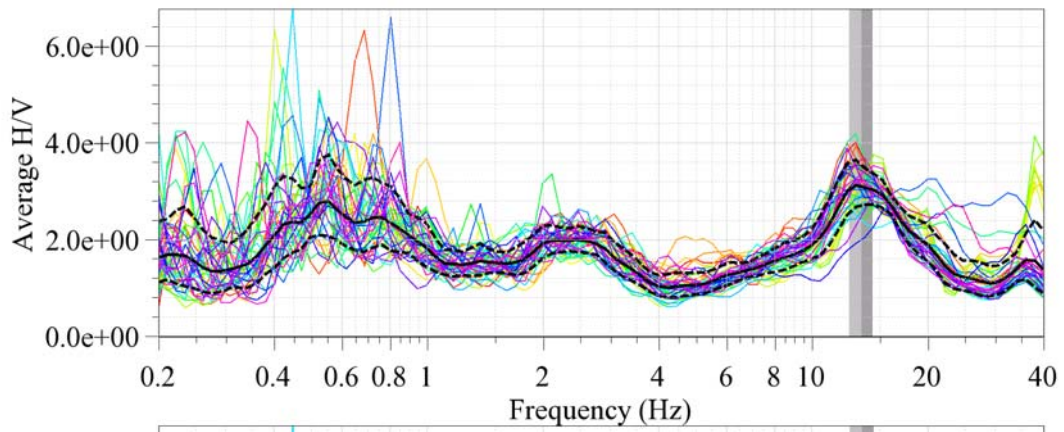


Abbildung 3. Resultat der H/V Polarisationsanalyse bei der Station SBIS (blau: klassische Methode; grün: Frequenz-Zeit Analyse), und im Arrayzentrum (rot: klassische Methode).

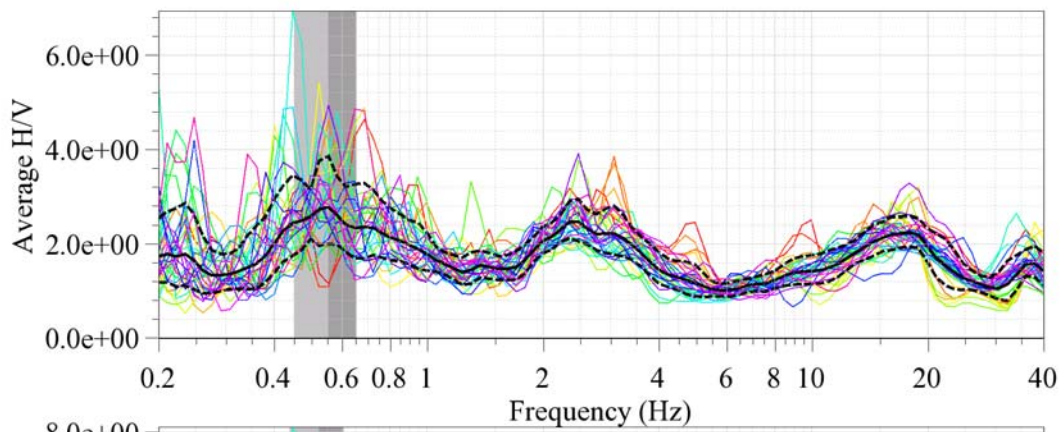
Die H/V Kurven im Bereich der Fundamentalfrequenz (0.5-0.7 Hz) sind vergleichbar. Die H/V Kurven weisen ein zweites Maximum bei 2-3 Hz auf. Dieses zweite Maximum deutet darauf hin, dass zwischen den oberflächennahen Lockersedimenten und den tiefer liegenden Lockersedimenten ein grösserer S-Wellen Geschwindigkeitskontrast vorliegt. Die Unterschiede der H/V Kurven im Bereich 2-3 Hz geben einen Hinweis darauf, dass die oberflächennahe Schicht eine variable Schichtung/Mächtigkeit aufweist. Vermutlich handelt es sich dabei um die beschriebene Schicht aus Lösslehm, Hochterrassenschottern und der verwitterten Melettaschicht. Die H/V Analyse an den verschiedenen Stationen im Array zeigt (Abbildung 4), dass die Fundamentalfrequenz bei 0.5-0.6 stabil ist und somit die Mächtigkeit der Lockersedimente innerhalb des Arrays kaum variiert.

10.05.2006

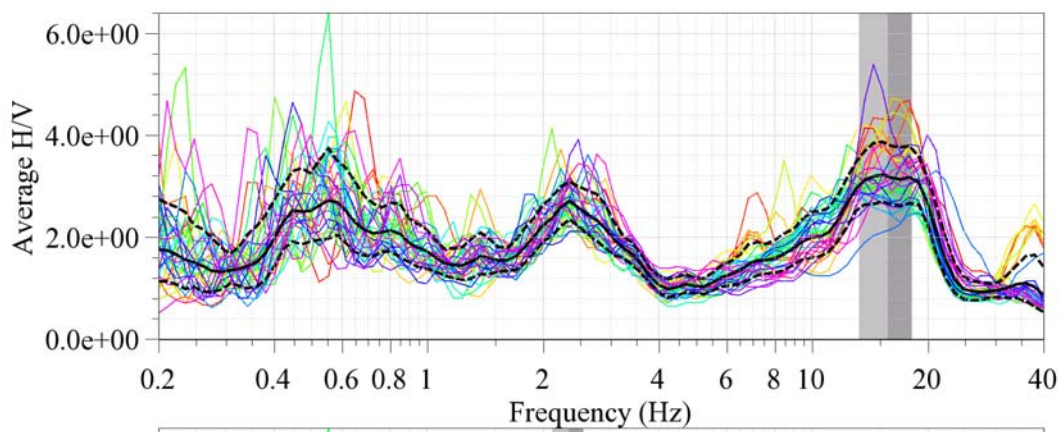
Array-Zentrum



Ring3 Station Nord 0°

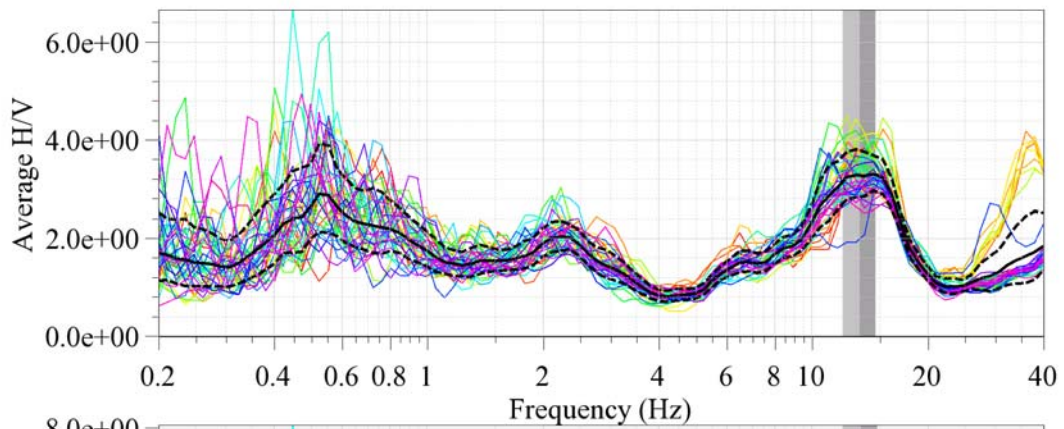


Ring3 Station North 60°

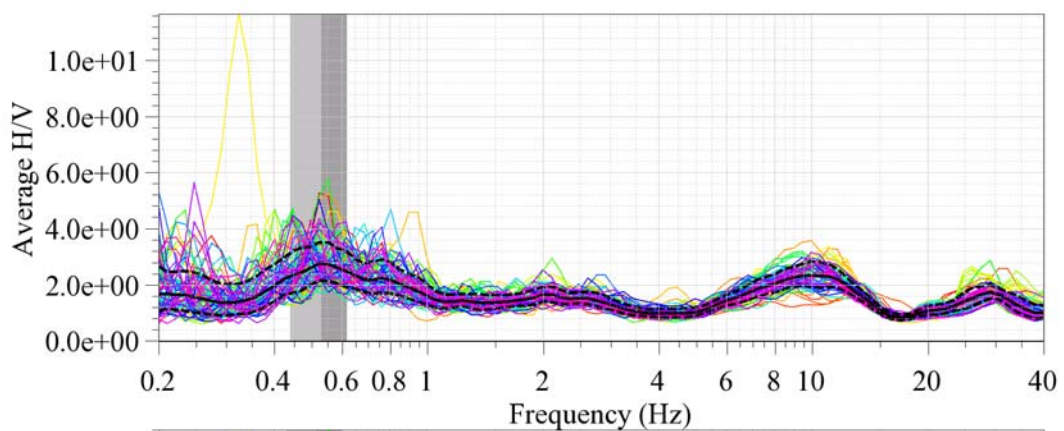


10.05.2006

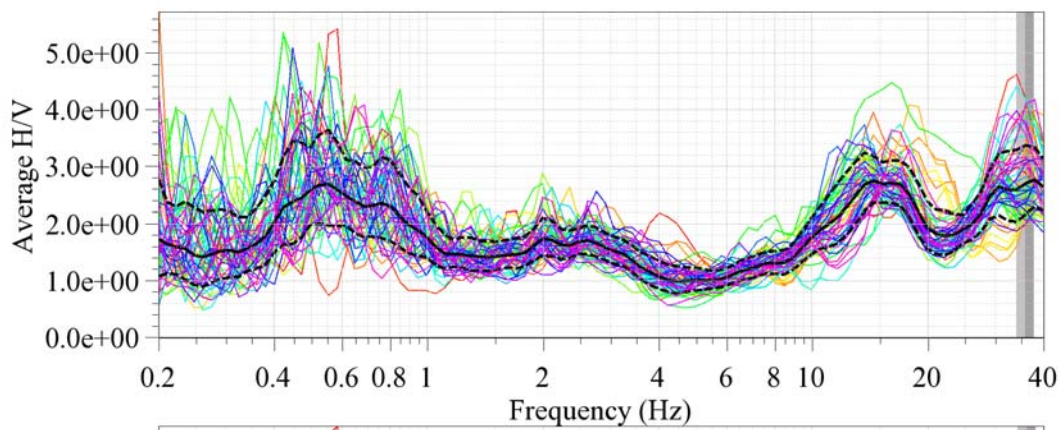
Ring3 Station Nord 120°



Ring3 Station Nord 180°



Ring3 Station Nord 240°



## Ring3 Station Nord 300°

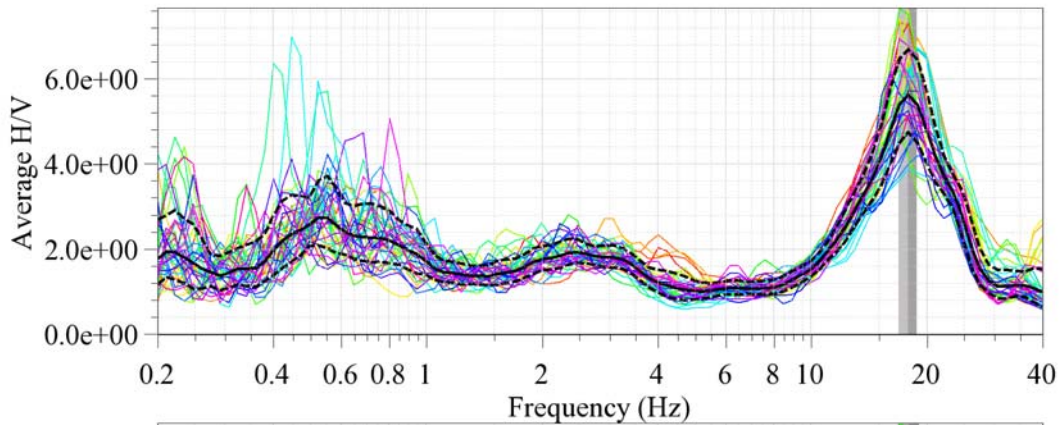


Abbildung 4. Resultat der H/V Polarisationsanalyse der Stationen im Array bei Station SBIS.

### Inversion mit Einstationsmethode

Nicht ausgeführt.

### Arraymessung

Die Dispersionskurven wurden durch die Maxima im Frequenz-Wellenzahl-Spektrum definiert; die Phasengeschwindigkeit nimmt allerdings nicht stetig mit zunehmender Frequenz zu, sondern weist leichte Schwankungen auf. Die Resultate der drei Konfigurationen wurden zu einer kombinierten Dispersionskurve zusammengefügt (Abbildung 5). Die Resultate der F-K Analyse für die Arraykonfigurationen ist in Appendix B gegeben. Es zeigt sich, dass die Dispersionskurve nur bis ca. 3.5 Hz bestimmt werden kann. Aufgrund des ersten Geschwindigkeitskontrasts in den Lockersedimenten, polarisiert die Fundamentalmode der Rayleighwelle mit grosser Wahrscheinlichkeit auf der horizontalen Komponente. Da in dieser Analyse nur die vertikale Komponente benutzt wird, verlieren wir darum das Signal bei ca. 3.5 Hz.

Wenn die gemessene Dispersionskurve alleine invertiert wird, ergibt sich als Lösung das Modell in Abbildung 6. Die alleinige Inversion der Dispersionskurven erlaubt keine Bestimmung der Mächtigkeit der Lockersedimente. Dies wird durch eine kombinierte Inversion der Phasengeschwindigkeit und der H/V Kurve verbessert.

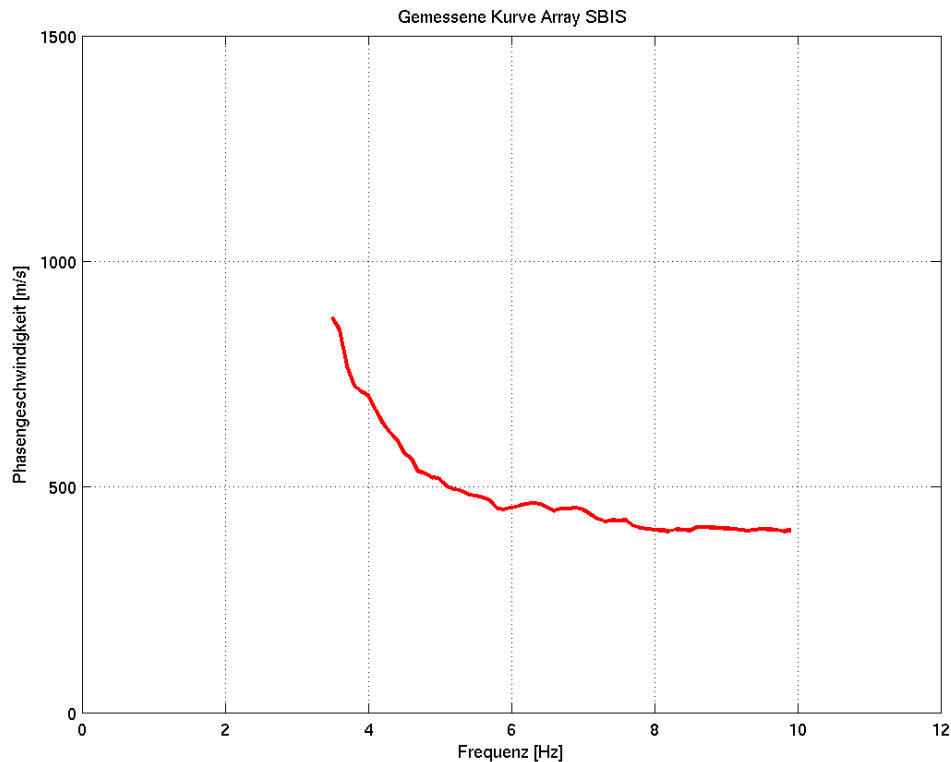


Abbildung 5. Gemessene Dispersionskurve. Es wurden hier nur die vertikalen Komponenten des Arrays analysiert.

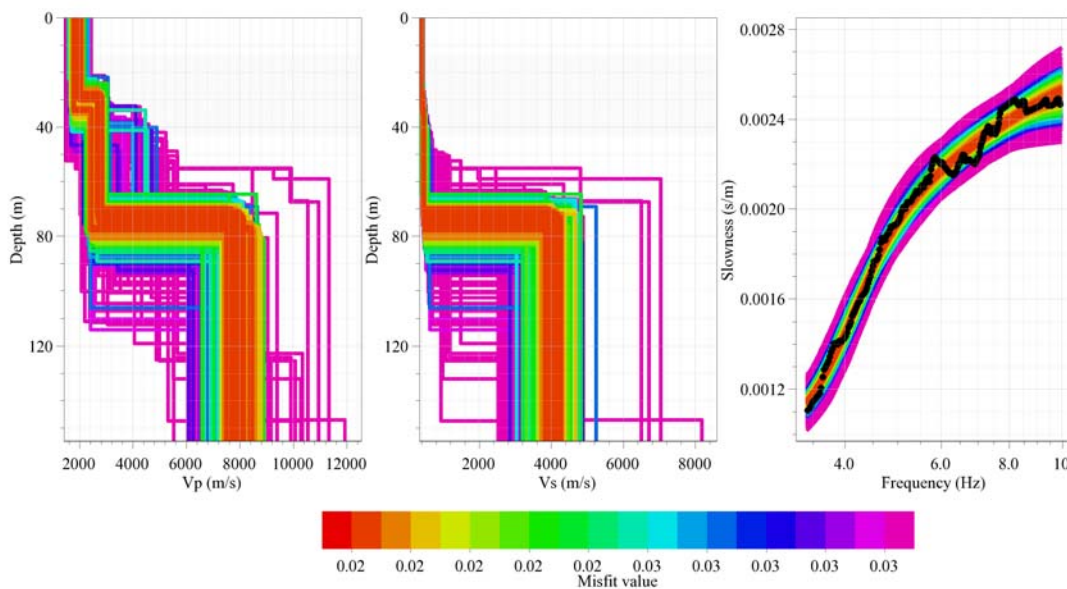


Abbildung 6. Gemessene Dispersionskurven und daraus invertierte Modelle bei der Station SBIS. Die roten Bereiche zeigen die am besten passenden Modelle, wenn nur mit Hilfe der Dispersionskurve invertiert wird. Es wurde ein Modell mit drei Schichten angenommen. Für diese Analyse wurde die Software CAP und SESARRAY verwendet, welche innerhalb des SESAME Projekts entwickelt wurde (Ohrnberger, 2004; Wathelet, 2005).



## Kombinierte Inversion mit Hilfe der Phasengeschwindigkeit und Elliptizität

Die Ergebnisse der kombinierten Inversion sind in Abbildung 7 und 8 gezeigt (Inversion nach Fäh et al., 2001, 2003). Die Inversionen erfolgten mit unterschiedlicher Gewichtung der Dispersionskurve und H/V Kurve in den verschiedenen Frequenzbereichen. Die Anpassungen an die gemessenen Kurven ist in Abbildung 7 gezeigt. Dabei werden folgende Strukturen unterschieden:

- a) Blaue Kurven: Bevorzugte Modelle. Berücksichtigung der gemessenen Phasengeschwindigkeit; Berücksichtigung der beiden Flanken der H/V Kurve im Frequenzbereich von 0.3-1.1Hz.
- b) Rote Kurven: Berücksichtigung der gemessenen Phasengeschwindigkeit; Berücksichtigung der beiden Flanken der H/V Kurve im Frequenzbereich von 0.3-1.1Hz. Unterschiedliche Gewichtung im Vergleich zu a).
- c) Grüne Kurve: Berücksichtigung der gemessenen Phasengeschwindigkeit; Inversion mit Hilfe des zweiten H/V Maximums bei 2-3Hz. Nur die rechte Flanke der H/V Kurve wurde verwendet.

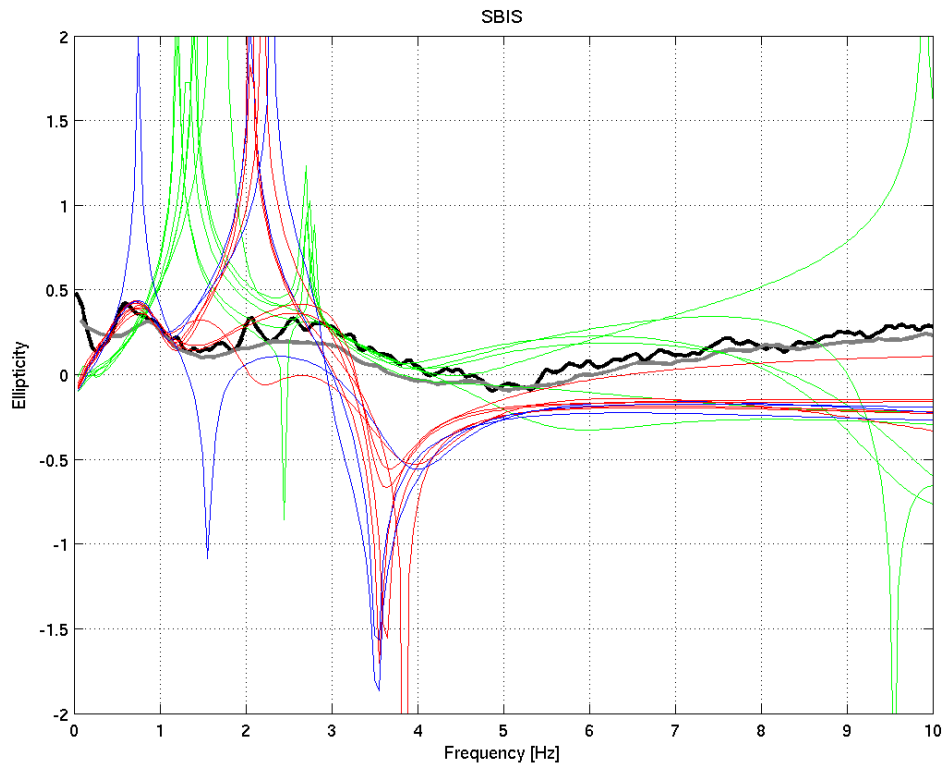
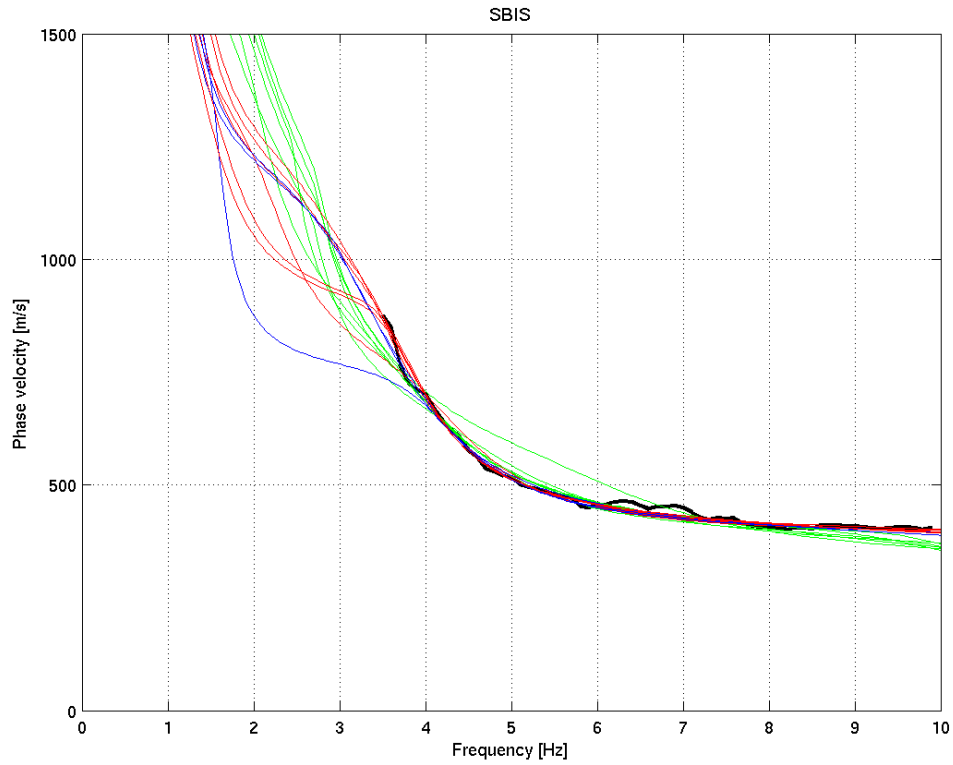


Abbildung 7. Anpassung der Phasengeschwindigkeit (oben) an die gemessenen Werte und der Elliptizität (unten) der Rayleighwellen an das H/V Spektrum am Standort SBIS.

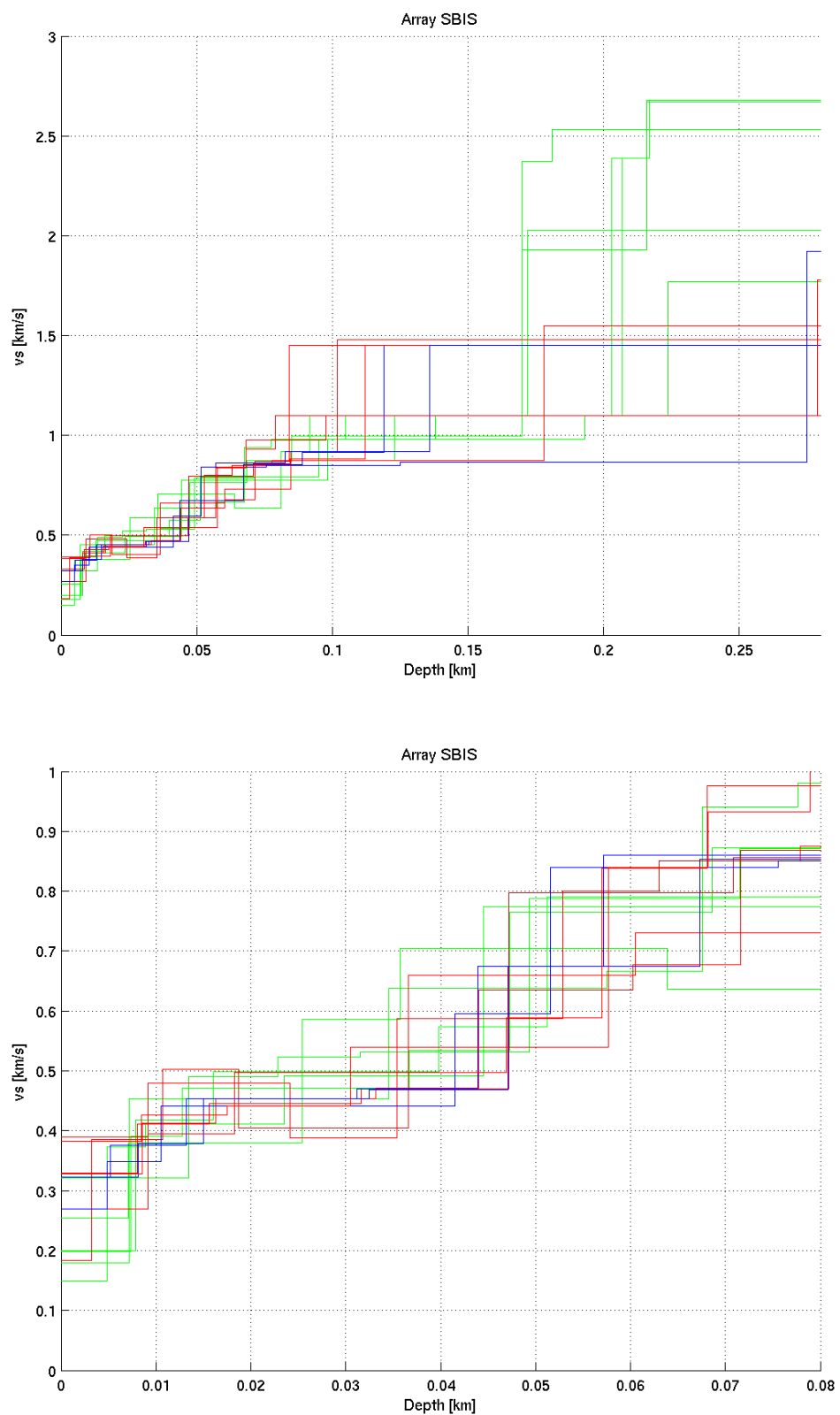


Abbildung 8. Invertierte S-Wellenprofile. Die blauen Strukturen entsprechen den bevorzugten Modellen.

In Abbildung 8 sind die Ergebnisse der Inversion gezeigt. Die bevorzugten Modelle sind in blauer Farbe gegeben. Die Schicht an der Oberfläche kann nicht gut aufgelöst werden, da die Phasengeschwindigkeit nur bis 10Hz bestimmt werden konnte. Diese Schicht besteht aus Lösslehm und kompakten Hochterrassenschottern, welche z.T. zu Nagelfluhbänken verkittet sind. Aufgrund der Lössschicht muss im obersten Teil mit geringen S-Wellengeschwindigkeiten gerechnet werden (150-250m/s). In den ersten 10m liegt die mittlere S-Wellengeschwindigkeit im Bereich 250-350 m/s. Der Grundwasserspiegel liegt in den darunter liegenden Melettaschichten. Diese zweite Schicht wird im Tiefenbereich von ca. 10 bis 12m erreicht (Melettaschichten, Härteklasse 1). Die mittlere S-Wellengeschwindigkeit weist in den ersten 30-35m Werte im Bereich 400-500m/s auf. Dies spricht für eine starke Verwitterung aufgrund von Wasserkontakt. Mit zunehmender Tiefe ab ca. 45m nimmt die Geschwindigkeit zu, und erreicht in einer Tiefe von 65 bis 75m Werte von 800 bis 900 m/s. Die Geschwindigkeiten in grösseren Tiefen können aufgrund fehlender Phasengeschwindigkeiten nicht aufgelöst werden. Drei der gefundenen Strukturen sind im Appendix C gegeben (blaue Kurven in Abbildung 8).

### Andere Messungen am Standort oder in ähnlichen Strukturen

keine

### Referenzen

- Bitterli-Brunner, P. et al.: Geologischer Atlas der Schweiz, Blatt 1067, Arlesheim, mit Erläuterungen. Schweizerische geologische Kommission, Bern, 1984.
- Fäh, D., Rüttener, E., Noack, T. and Kruspan, P., 1997. Microzonation of the city of Basel. *Journal of Seismology*, 1, 87-102.
- Fäh, D., Noack, T. und Kruspan, P., 1997. Bewertung des geologischen Untergrundes der Region Basel Stadt auf die seismische Erschütterungsfähigkeit. In: D. Mayer-Rosa et al. (Ed.), *Erdbebengefährdung und Mikrozonierung in der Schweiz*, VdF, Schlussbericht NFP31, 55-67.
- Fäh, D., Kind, F. and D. Giardini, 2001. A theoretical investigation of average H/V ratios. *Geophysical Journal Int.*, 145, 535- 549.
- Fäh, D., Kind, F., Giardini, D., 2003. Inversion of local S-wave velocity structures from average H/V ratios, and their use for the estimation of site-effects. *Journal of Seismology*, 7, 449-467.
- GPI Basel, 2001. Bohrloch Otterbach II. Geologisch-Paläontologisches Institut (GPI) der Universität Basel, unveröffentlichte Daten.
- Gürler, B. et al.: *Geologie der Umgebung von Basel*, mit Hinweisen über die Nutzungsmöglichkeiten der Erdwärme. 1987, 43pp, Bern.
- Kind, F., 2002. Development of Microzonation Methods: Application to Basle, Switzerland. PhD Thesis Nr. 14548, ETH Zuerich.

10.05.2006

Ohrnberger M., 2004. User manual for software package CAP - a continuous array processing toolkit for ambient vibration array analysis. SESAME report D18.06, 83pp (<http://sesamefp5.obs.ujf-grenoble.fr>).

Wathelet, M., 2005. Array recordings of ambient vibrations: surface-wave inversion. Liège University (Belgium), 177 pages.

10.05.2006

## Appendix A: Schichtverzeichnis aus Bohrlochinformationen

Schichtverzeichnis

Strongmotion Station SBIS

----- keine geeignete Bohrung vorhanden -----  
ev. Übergangszone Niederterrasse Hochterrasse;  
Mächtigkeit unbekannt  
-----

Appendix B: F-K Analyse für die Arraykonfigurationen

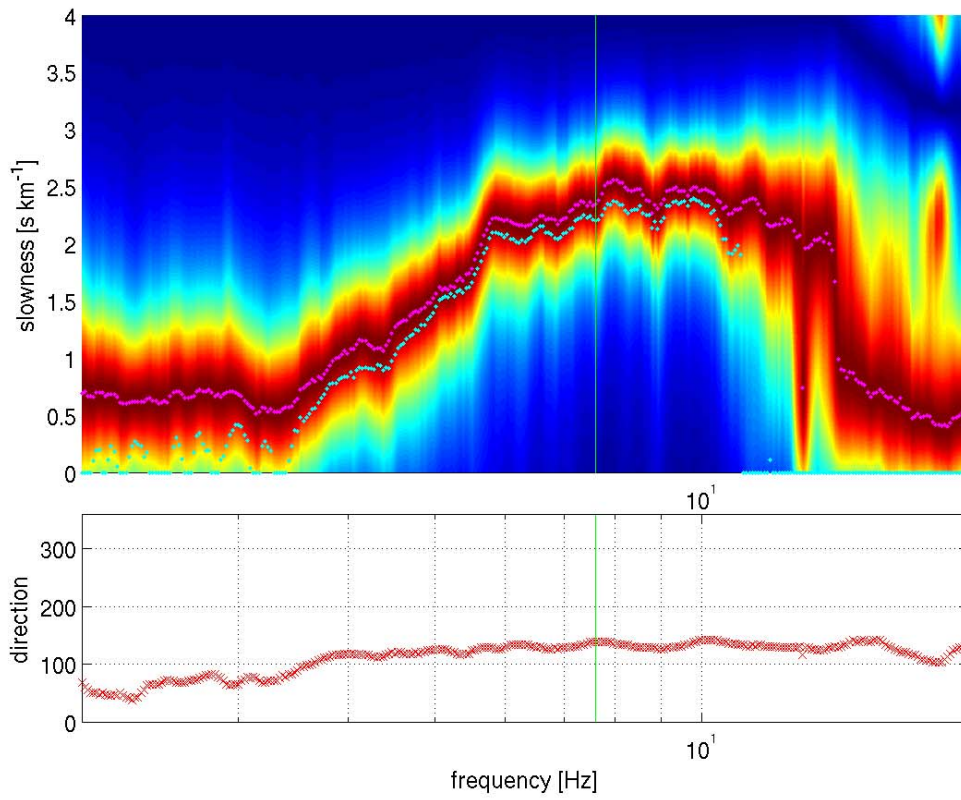
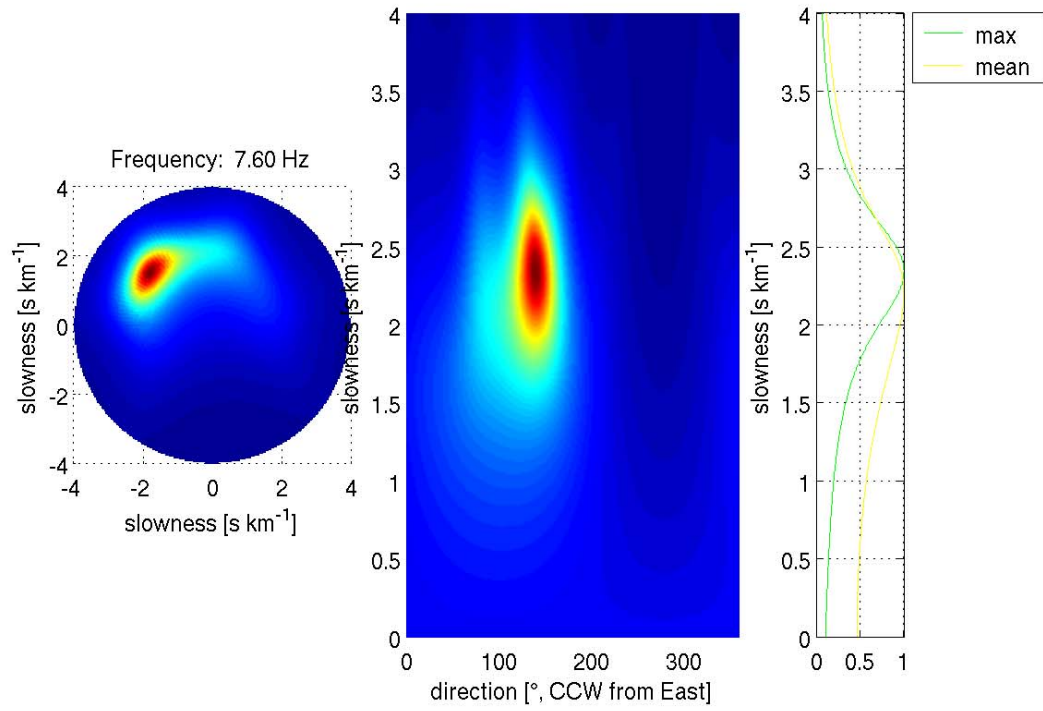


Abbildung B.1. : F-K Analyse und Dispersionskurve für Ring mit 20 m Radius.

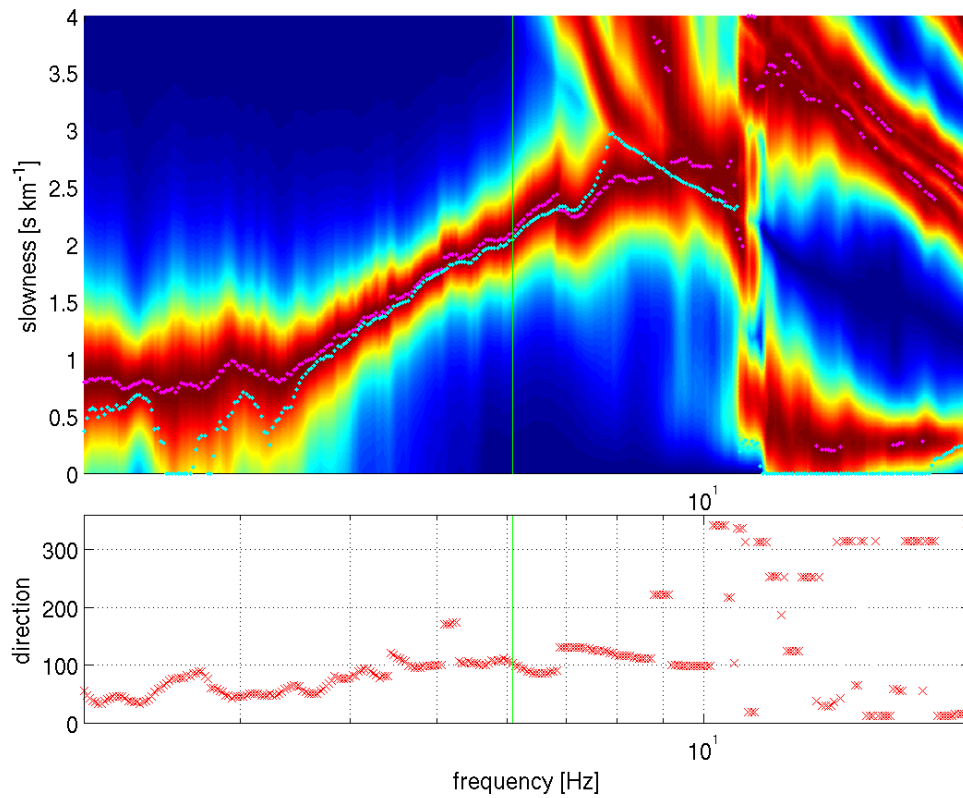
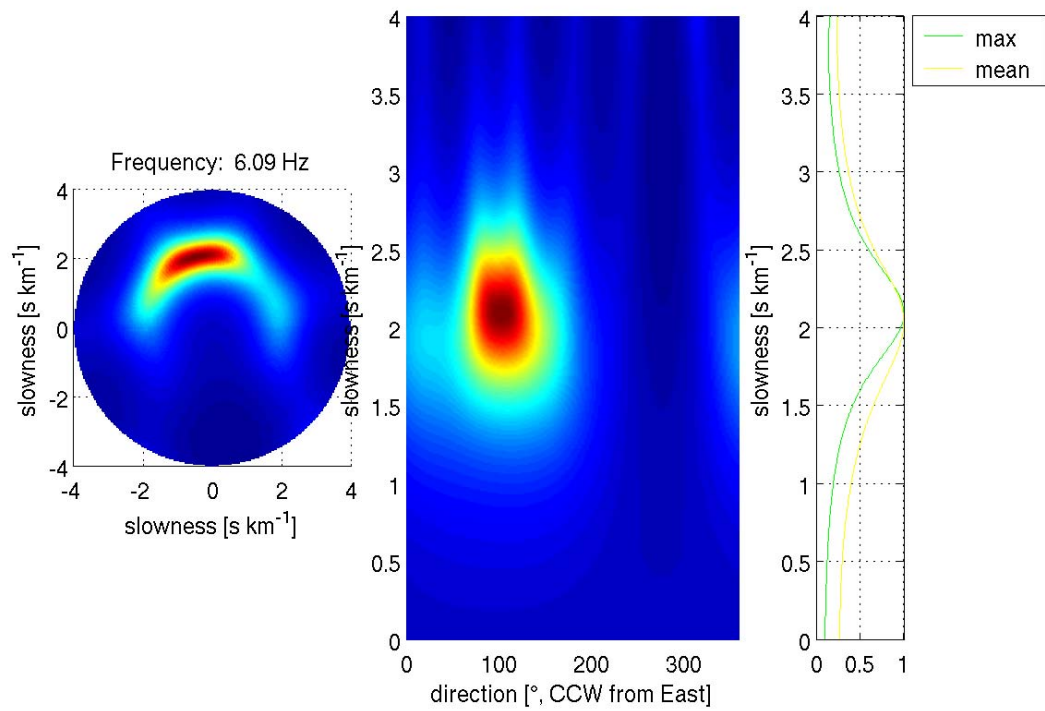


Abbildung B.2. : F-K Analyse und Dispersionskurve für Ring mit 50 m Radius.



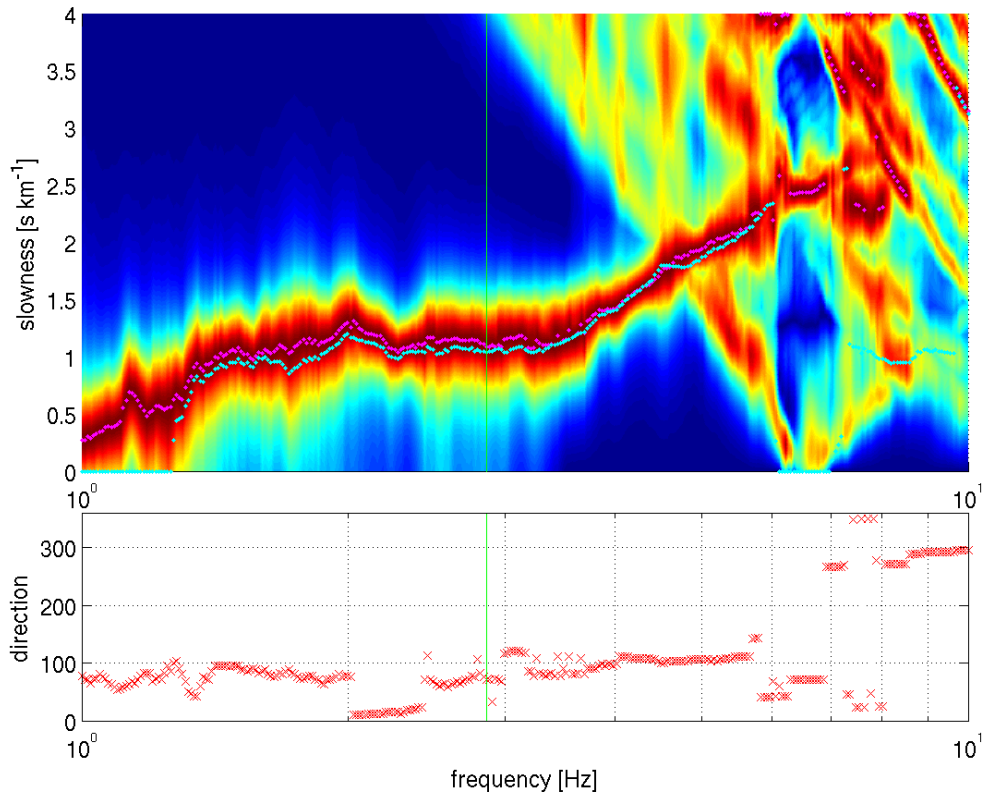
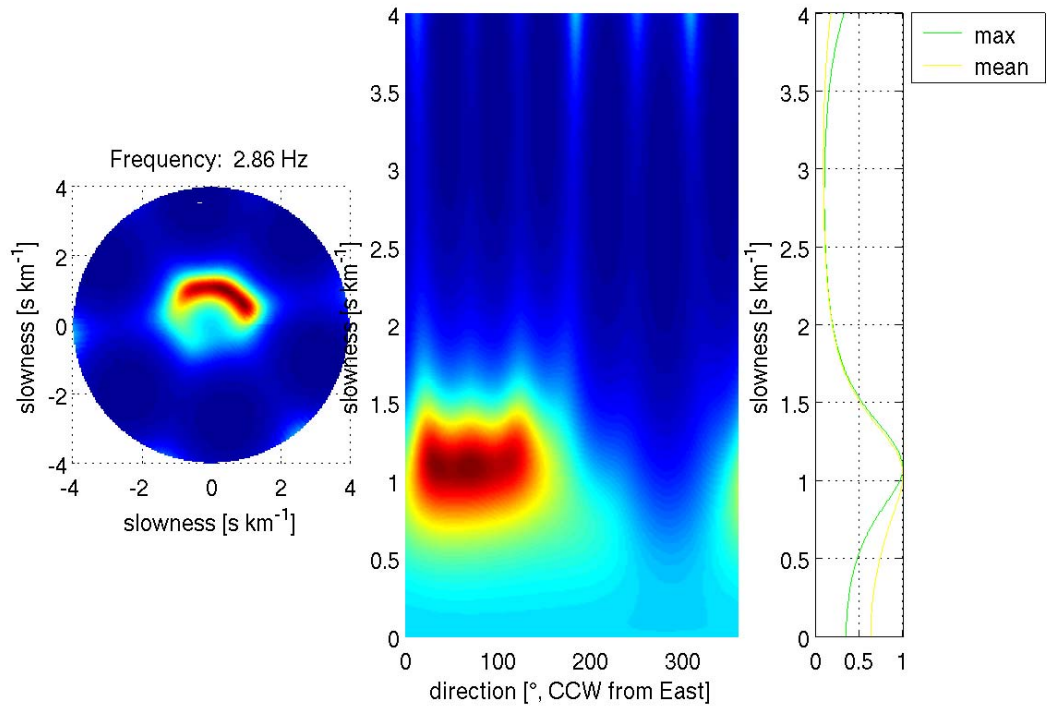


Abbildung B.3. : F-K Analyse und Dispersionskurve für Ring mit 90 m Radius.

## Appendix C: Mögliche Strukturen am Standort SBIS

Die hier gegebenen Strukturen entsprechen blauen Strukturen in Abbildung 8.

### Struktur Nr.4

THICKNESS	DENSITY	P-WAVE VELOCITY	P-WAVE ATTENUATION	S-WAVE VELOCITY	S-WAVE ATTENUATION
THKNES (I)	RHO (I)	A1 (I)	A2 (I)	B1 (I)	B2 (I)
0.81180E-02	0.18000E+01	0.92423E+00	0.54099E-02	0.32213E+00	0.31043E-01
0.68923E-02	0.19000E+01	0.96923E+00	0.51587E-02	0.37875E+00	0.26403E-01
0.16197E-01	0.19000E+01	0.15613E+01	0.32024E-02	0.45358E+00	0.22047E-01
0.12738E-01	0.20000E+01	0.18446E+01	0.27105E-02	0.47017E+00	0.21269E-01
0.23306E-01	0.22000E+01	0.25299E+01	0.19763E-02	0.67543E+00	0.14805E-01
0.21653E-01	0.22000E+01	0.27429E+01	0.18229E-02	0.85367E+00	0.11714E-01
0.29645E-01	0.23000E+01	0.30154E+01	0.16581E-02	0.91542E+00	0.10924E-01
0.35474E+00	0.23000E+01	0.33846E+01	0.88637E-03	0.14517E+01	0.68884E-02
	0.23000E+01	0.35355E+01	0.84854E-03	0.19994E+01	0.50014E-02

### Struktur Nr.6

THICKNESS	DENSITY	P-WAVE VELOCITY	P-WAVE ATTENUATION	S-WAVE VELOCITY	S-WAVE ATTENUATION
THKNES (I)	RHO (I)	A1 (I)	A2 (I)	B1 (I)	B2 (I)
0.52169E-02	0.18000E+01	0.69280E+00	0.72171E-02	0.32238E+00	0.31019E-01
0.79485E-02	0.19000E+01	0.10264E+01	0.48713E-02	0.37562E+00	0.26623E-01
0.19354E-01	0.19000E+01	0.17940E+01	0.27871E-02	0.45339E+00	0.22056E-01
0.14596E-01	0.20000E+01	0.24483E+01	0.20422E-02	0.46905E+00	0.21320E-01
0.10082E-01	0.22000E+01	0.25993E+01	0.19236E-02	0.67399E+00	0.14837E-01
0.25466E-01	0.22000E+01	0.27477E+01	0.18197E-02	0.85991E+00	0.11629E-01
0.53627E-01	0.23000E+01	0.30262E+01	0.16522E-02	0.91931E+00	0.10878E-01
0.35457E+00	0.23000E+01	0.30774E+01	0.97485E-03	0.14502E+01	0.68956E-02
	0.23000E+01	0.35047E+01	0.85598E-03	0.21400E+01	0.46729E-02

### Struktur Nr.7

THICKNESS	DENSITY	P-WAVE VELOCITY	P-WAVE ATTENUATION	S-WAVE VELOCITY	S-WAVE ATTENUATION
THKNES (I)	RHO (I)	A1 (I)	A2 (I)	B1 (I)	B2 (I)
0.48737E-02	0.18000E+01	0.12944E+01	0.38628E-02	0.27001E+00	0.37036E-01
0.56041E-02	0.19000E+01	0.16995E+01	0.29421E-02	0.34802E+00	0.28734E-01
0.30976E-01	0.19000E+01	0.18000E+01	0.27778E-02	0.44063E+00	0.22695E-01
0.10126E-01	0.20000E+01	0.34999E+01	0.14286E-02	0.59543E+00	0.16794E-01
0.24066E-01	0.22000E+01	0.36996E+01	0.13515E-02	0.84000E+00	0.11905E-01
0.49376E-01	0.22000E+01	0.38988E+01	0.12824E-02	0.85000E+00	0.11765E-01
0.14995E+00	0.23000E+01	0.44000E+01	0.11364E-02	0.86438E+00	0.11569E-01
0.10060E-01	0.23000E+01	0.44998E+01	0.66670E-03	0.19194E+01	0.52098E-02
	0.23000E+01	0.46499E+01	0.64518E-03	0.22426E+01	0.44590E-02